

–Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 1 (2024)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и информационных
систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/KOTB8442>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов Т. А.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Алиферов А.И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Кошкеков К.Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е.В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Оспанова Н. Н.,	<i>к.п.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А.Р.,	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

МРНТИ 50.01.86

<https://doi.org/10.48081/VQMG5191>***И. О. Косяков¹, Г. В. Луценко²**

¹Международный транспортно-гуманитарный университет,
Республика Казахстан, г. Алматы;

²Академия КНБ, Республика Казахстан, г. Алматы

*e-mail: heimmdal@mail.ru

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ДАННЫХ В РАДИОСЕТЯХ НА ОСНОВЕ МАНИПУЛЯЦИЙ С СИГНАЛОМ

В статье рассматривается разработка автоматизированной системы защиты данных в радиосетях на основе манипуляций с сигналом. Суть методов заключается в применении псевдослучайной перестройки типа модуляции, которая позволит предотвратить технический анализ сигнала, и тем самым уменьшить вероятность его дешифрования. Необходимость дополнительной защиты данных в радиосетях возникает вследствие большого распространения комплексов для технического анализа сигналов, которые могут применяться для перехвата и расшифровки как личных данных, так служебной информации, курсирующей в эфире. Для создания схемы защиты данных в радиосетях в статье приводятся математические функции, требованиям которых она должна отвечать. На основе данных требований в программе-симуляторе была разработана принципиальная схема, сочетающая в себе возможности переключения между несколькими видами модуляции. В схеме также предусмотрено автоматизированное снижение индексов модуляций в случае отсутствия приемлемых условий передачи на основе алгоритма ARQ. В качестве модуляций были выбраны QPSK, 8-QAM и 16-QAM, по причине наложения их сигнальных созвездий друг на друга. Трудность технического анализа подобных сигналов

заключается в необходимости их последовательного анализа без возможности групповой оценки сигнала. Для оценки разработанной схемы в статье приводятся результаты измерений точек сигнального созвездия для каждого типа применяемой модуляции. В завершении иллюстрируется спектр полученного сигнала. Статья будет полезна специалистам в области защиты информации и автоматизации. Реализация полученной схемы в тракте передающего устройства позволит обеспечить более высокий уровень конфиденциальности данных. Применение алгоритма ARQ позволит системе подстраиваться под текущие условия передачи.

Ключевые слова: автоматизированная система, информационная безопасность, радиосети, радиотехника, цифровая модуляция, псевдослучайная перестройка радиочастоты.

Введение

В настоящее время на фоне возросшего интереса к защите информации в сетях связи [1], основанного на участившихся случаях взлома различного рода информационных сетей [2], актуальной становится дополнительная или улучшенная автоматизированная система защиты информации в сетях радиосвязи. В качестве дополнительной меры возможно использовать защиту на физическом уровне, предотвращающую технический анализ и демодуляцию сигнала [3]. В сравнении с традиционными технологиями защиты информации, подобным криптографической, физический уровень может повысить безопасность передачи информации с использованием параметров сигнала, что может стать новым направлением повышения безопасности передачи информации в радиосетях. В источнике [4] рассматривался метод физической перестройки сигнального созвездия 16 QAM с изменением символьных значений для каждой точки, тем не менее подобный метод в настоящее время обнаруживается и демодулируется программно-аппаратными комплексами технического анализа, в частности, выпускаемыми компанией Rohde&Schwarz [5]. Другие источники, исследованные авторами, в основном рассматривают псевдослучайную перестройку частоты, получившую в настоящее время широкое распространение [6]. Технический анализ и демодуляция сигналов с ППРЧ в настоящее время также возможна при использовании специализированных комплексов радиомониторинга, что подтверждает ненадежность защиты информации в радиосетях на физическом уровне. Решение данной проблемы позволит обеспечить более высокий уровень конфиденциальности передачи информации и будет способствовать более

высокой устойчивости к техническому анализу радиосигналов. Для решения авторами предлагается использовать симбиоз технологий автоматизированной псевдослучайной перестройки частоты и индекса модуляции в передатчике.

Материалы и методы

Для достижения цели предполагается использовать цифровые системы квадратурной-амплитудной и фазовой модуляции с различными индексами и модификациями. Сигнальные созвездия подобных систем при поочерёдной передаче способны накладываться друг на друга и таким образом технически усложнять корректную демодуляцию сигнала. В качестве технически совместимых сигналов для создания подобного рода защищённых радиосистем могут быть использованы: 4-PSK, два модифицированных сигнала 8-QAM, и два сигнала с 16-QAM имеющие различные битовые значения сигнальных созвездий (сигнальные созвездия изображены на рисунке 1). Выбор возможных вариантов модуляций, будет всегда зависеть от дальности, частоты, и условий радиопередачи. Исходя их данных параметров, система будет автоматически перестраиваться на более сложные, либо упрощённые варианты использования созвездий. Так, при использовании в дополнении более высоких индексов модуляции, таких как 64-QAM возможно добиться более высоких показателей защиты радиоканала.

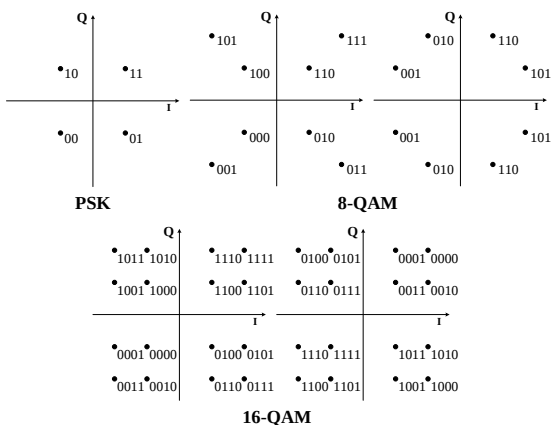


Рисунок 1 – Сигнальные созвездия

Для технического анализа подобных систем необходимо перебрать все возможные варианты модуляции с самого начала сигнала, поочерёдно разбирая каждый бит. Применение подобного подхода позволяет снизить вероятность комплексной оценки радиосигнала для его дальнейшего дешифрования, что соответственно требует больших вычислительных

возможностей для перебора всех возможных комбинаций сигнальных созвездий необходимой для дешифрования минимальной длины сигнала.

В общем виде результирующий спектр будет суммой спектров всех типов модуляции. При передаче сигнала будет соблюдаться битовая скорость, присущая тому или иному виду модуляции. Эффективность использования спектра, с учётом плотности псевдослучайной последовательности, которая будет осуществлять переключение типов модуляций, будет равна усреднённому значению всей эффективности. Для модуляций 4-PSK, 8-QAM(1), 8-QAM(2), 16-QAM(1), 16-QAM(2), средняя эффективность будет составлять 3,2 бит/Гц/с.

Для оценки разработанного метода защиты данных в радиосетях на основе манипуляций с сигналом создадим принципиальную схему на основе модулятора 16-QAM, описанного в источнике [8]. Компоненты I и Q в схеме будут представлять собой векторы напряжений синусоидальных сигналов $U_I(t)$ и $U_Q(t)$, показанные на рисунке 2, с фазами $\varphi_I(t)=\omega_I(t)+\alpha_I$ и $\varphi_Q(t)=\omega_Q(t)+\alpha_Q$ соответственно.

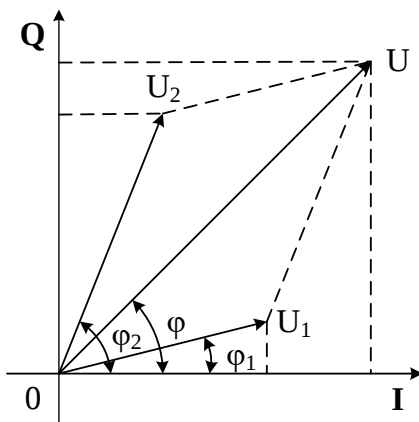


Рисунок 2 – Векторы и фазы напряжений складываемых сигналов

При сложении данных векторов результирующая амплитуда будет определяться выражением $U(t)=U_I(t)+U_Q(t)$, в свою очередь фаза будет равна $\varphi(t)=\varphi_I(t)+\varphi_Q(t)$.

В большинстве задач вычисления величины вектора напряжения $U(t)$ применяется формула [7]:

$$U = \sqrt{U_I^2 + U_Q^2 + 2U_I U_Q \cos(\varphi_I(t) - \varphi_Q(t))} \quad (1)$$

В случае процесса получения сигналов, которые были реализованы в схеме защиты данных с применением квадратурной модуляции, предложенной в данной статье, будет выполняться условие:

$$\cos(\varphi_I(t) - \varphi_Q(t)) = 0 \quad (2)$$

По причине ортогональности компонент сигнала, которые в любой момент времени будут отличаться по фазе на 90° сигнал будет когерентным. Принимая во внимание данное условие, упростим формулу 1:

$$U = \sqrt{U_I^2 + U_Q^2} \quad (3)$$

Фаза результирующего сигнала вычисляется по формуле:

$$\operatorname{tg} \varphi(t) = \frac{U_I \sin \varphi_I(t) + U_Q \sin \varphi_Q(t)}{U_I \cos \varphi_I(t) + U_Q \cos \varphi_Q(t)} \quad (4)$$

Получение численного значения фазы достигается путём применения арктангенса:

$$\varphi(t) = \operatorname{arctg} \frac{U_I \sin \varphi_I(t) + U_Q \sin \varphi_Q(t)}{U_I \cos \varphi_I(t) + U_Q \cos \varphi_Q(t)} \quad (5)$$

В общем виде, схема, полученная на рисунке 3 представляет собой двухкомпонентный модулятор I и Q, функции которого были описаны выше. Сложение компонент должно отвечать требованиям к получению всех видов сигнальных созвездий, предложенных к применению в соответствии с формулой (1). Для автоматической коррекции типа передачи со сложных комбинаций к более простым будет использоваться система с автоматическим запросом повторной передачи (ARQ). Алгоритм процесса автоматизации с использованием ARQ показан на рисунке 4.

Основными элементами схемы являются фазоинверторы на операционных усилителях UA741CD, через транзисторы Q1 и Q3 на них подаётся сигнал об изменении фазы на 180 градусов. В качестве источников сигналов в схеме выступают транзисторы V1, V2, V9, V10, при этом первые из них представляют собой синусоидальные сигналы, а вторые – косинусоидальные. Источники сигналов также имеют различия в амплитуде, которые на практике реализуются от одного генератора. На выходе схемы расположен аналоговый сумматор U7, а управление

осуществляется от цифровых сигналов, подающихся на цифровые триггеры.

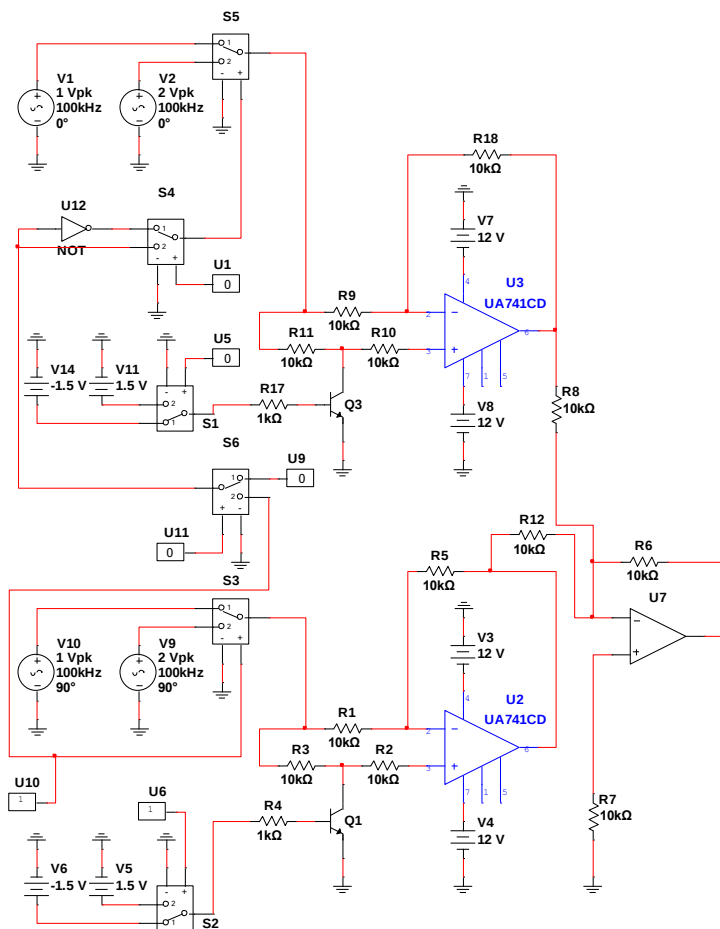


Рисунок 3 – Принципиальная схема защиты данных в радиосетях на основе псевдслучайной перестройки сигнальных созвездий

Основным отличием полученной на рисунке 3 схемы от модулятора 16-QAM в источнике [8] станет возможность переключения типа модуляции между 4-PSK, 8-QAM(1), 8-QAM(2), 16-QAM(1), 16-QAM(2). Переключение между типами модуляций будет осуществляться как программно, так и аппаратно. Модуляция 4-PSK и 16-QAM(2) станет возможна за счёт сдвига бит и проведения математических манипуляций с

сигналом соответственно. Основным триггером в схеме на рисунке 3 станет переключатель S6, который будет изменять тип модуляции с 16-QAM на 8-QAM(1), при задействовании переключателя S4 будет осуществляться изменение типа модуляции с 8-QAM(1) на 8-QAM(2).

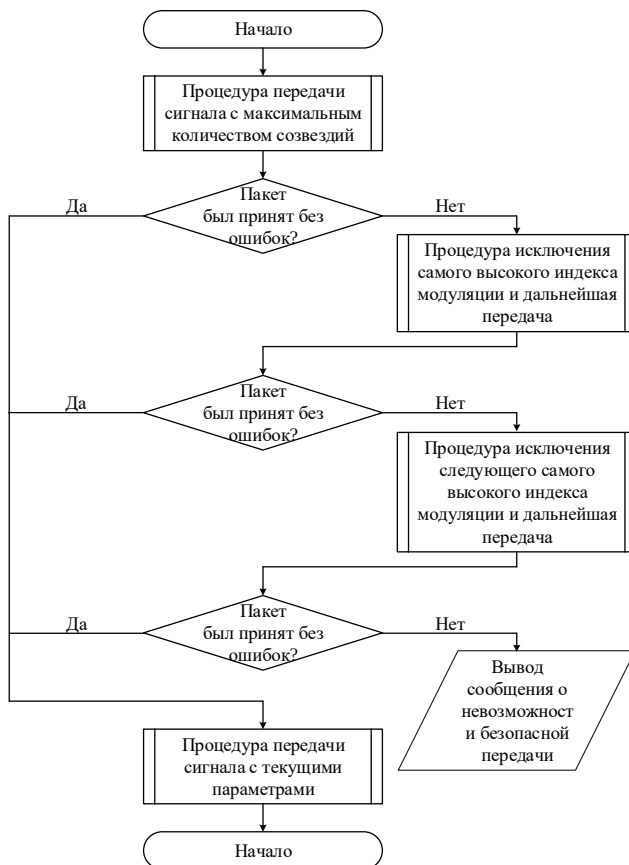


Рисунок 4 – Алгоритм процесса автоматизации защищённой передачи с использованием ARQ

Корректность работы схемы будет проверена путём компьютерного моделирования в программе-симуляторе Multisim 12 компании National Instruments. В ходе моделирования исходный поток бит будет формироваться генератором цифровых двоичных сигналов, и оцениваться на выходе анализатором спектра и анализом Фурье.

Результаты и их обсуждение

Самым первым параметром, который будет проверяться в реализованной схеме, станет корректность воспроизведения всех точек сигнального созвездия. Для реализации данного этапа в генератор цифровых двоичных сигналов для каждого созвездия устанавливались все возможные цифровые комбинации бит, сигнал на выходе оценивался посредством анализа Фурье. Фиксировались данные фазы и амплитуды сигнала для всех комбинаций бит. Параметры проверки для каждого типа модуляции приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры проверки корректности сигнальных созвездий

Тип модуляции	4-PSK	8-QAM(1)	8-QAM(2)	16-QAM(1)	16-QAM(2)
Количество возможных комбинаций в генераторе	2^2	2^3	2^3	2^4	2^4

Целью проверки сигнальных созвездий является необходимость сравнения полученных значений амплитуд и фаз у каждого типа модуляции на идентичности параметров, в которой собственно и заключается принцип защиты данных на основе манипуляций сигналов. Результаты проверки для каждого типа модуляции приведены в таблице 2, для модуляции 16-QAM(1) проверка не проводилась, так как её точки созвездия идентичны 16-QAM(2).

Как видно из таблицы 2 получаемые значения амплитуд и фаз, как и предполагалось идентичны в части касающейся для всех созвездий. Значения точек соответствуют сигнальным созвездиям, показанным на рисунке 1, пробелов и отклонений от нормы не наблюдается.

На рисунке 5 представлен спектр выходного сигнала, как можно отметить, в целом он более подобен спектру 16-QAM. Графическое отображение спектра соответствует его цифровой структуре, но тем не менее не даёт четкого понятия о применяемом типе модуляции. При использовании комплексов для технического анализа, машинный метод обработки подобного сигнала не приведёт к результатам, вне зависимости от применяемых методик определения типа модуляции [9, 10]. Вследствие необходимости восстановления всей последовательности цифрового двоичного сигнала последовательным методом, для оценки сигналов с подобной структурой защиты потребуется создание специальных алгоритмов и наличие вычислительных возможностей, позволяющих создавать все возможные комбинации бит и одновременно осуществлять попытку дешифрования данных.

Таблица 2 – Результаты проверки корректности сигнальных созвездий

4-PSK					
Комбинация	Амплитуда, В	Начальная фаза, °	Комбинация	Амплитуда, В	Начальная фаза, °
11	1,4	+45	01	1,4	-45
10	1,4	+135	00	1,4	-135
8-QAM(1)					
Комбинация	Амплитуда, В	Начальная фаза, °	Комбинация	Амплитуда, В	Начальная фаза, °
111	2,8	+45	011	2,8	-45
110	1,4	+45	010	1,4	-45
101	2,8	+135	001	2,8	-135
100	1,4	+135	000	1,4	-135
8-QAM(2)					
Комбинация	Амплитуда, В	Начальная фаза, °	Комбинация	Амплитуда, В	Начальная фаза, °
111	2,2	+63	011	2,2	-63
110	2,2	+27	010	2,2	-27
101	2,2	+117	001	2,2	-117
100	2,2	+153	000	2,2	-153
16-QAM(1)					
Комбинация	Амплитуда, В	Начальная фаза, °	Комбинация	Амплитуда, В	Начальная фаза, °
1111	1,4	-135	0111	1,4	-45
1110	2,2	-153	0101	2,2	-63
1101	2,2	-117	0110	2,2	-27
1100	2,8	-135	0100	2,8	-45
1011	1,4	+135	0011	1,4	+45
1010	2,2	+153	0001	2,2	+63
1001	2,2	+117	0010	2,2	+27
1000	2,8	+135	0000	2,8	+45

Для проверки корректности работы автоматизированной псевдослучайной перестройки типа модуляции выходной сигнал оценивался графическим методом путём сравнения отрезков сигнала с шаблонными данными об амплитуде и фазе каждой точки применённых сигнальных созвездий.

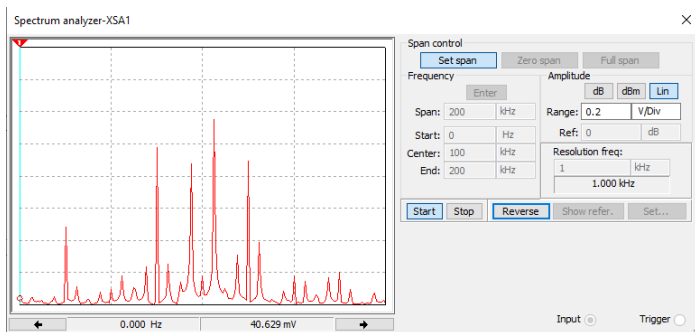


Рисунок 5 – Спектр выходного сигнала

На рисунке 6 представлен 21 период следования сигнала, при этом, визуально можно отметить наличие нескольких одинаковых амплитуд и фаз, которые в действительности являются разными точками разных сигнальных созвездий, и в зависимости от типа цифровой модуляции несут в себе 2,3 или 4 бита информации.

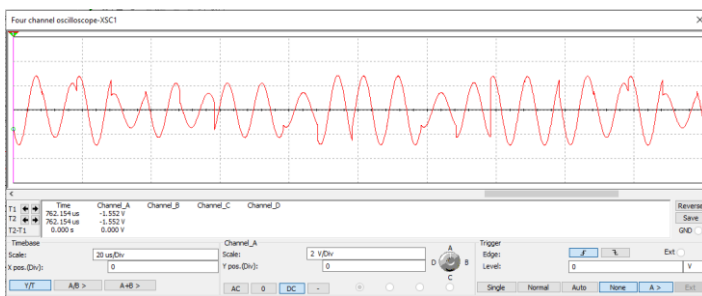


Рисунок 6 – Осциллограмма выходного сигнала

Выводы

Предложенный в статье метод автоматизированной защиты информации в радиосетях позволит осуществлять дополнительную защиту сигнала от возможного перехвата, технического анализа и дальнейшего дешифрования. Использование метода возможно, как в ведомственных сетях, так и в общественных, в частности, в современных стандартах беспроводной связи. Внедрение подобных систем защиты ставит задачу по перехвату сигнала на более профессиональный и технически продвинутый уровень, который в настоящее время недоступен злоумышленникам. Созданная и исследованная в статье схема может быть реализована с использованием элементов аналогичных по принципу работы. Процесс автоматизации на основе ARQ позволит решить задачу стабильной

передачи сигнала при любых внешних факторах, но со снижением уровня защиты. Результаты анализа схемы подтвердили факт корректности её работы и непрерывного переключения типа модуляции для каждого отрезка бит, формируемого на входе модулятора. Предложенный метод защиты данных также возможно модифицировать путем добавления дополнительных типов модуляций, что будет кратно повышать эффективность защиты информации, алгоритм ARQ при этом также должен корректироваться в сторону увеличения количества шагов снижения индекса модуляции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Accenture: мировой рынок ИБ-услуг к 2025 году достигнет объема в \$94 млрд [Электронный ресурс]. – https://safe.cnews.ru/news/line/2022-02-04_accenture_mirovoj_rynok_ib-uslug.

2 Актуальные киберугрозы: итоги 2022 года [Электронный ресурс]. – <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/cybersecurity-threatscape-2022/>.

3 **Кадуков, Е. П.** Методика распознавания вида модуляции радиосигналов с непрерывным изменением фазы в системах радиомониторинга [Текст] // Вопросы оборонной техники. Серия 16 : Технические средства противодействия терроризму. ФГУП – 2021 – № 11-12. – С. 37–45.

4 **Zang, G. Li, Y.** One Self-securing Information Transmission Scheme Based on QAM Constellation Hopping [Текст] // IEEE 6th Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC). – 2023. – Р. 603–607.

5 Основы методов анализа сигналов Rohde & Schwarz [Электронный ресурс]. – https://www.rohde-schwarz.com/cac/knowledge-center/technology-fundamentals/signal-analysis-methods/osnovy-tehnologii-analiza-signalov_255899.html

6 **Карпухин, Е. О., Макаренков, Н. С.** Применение сигналов OCDM-OFDM с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты для предотвращения атак на физическом уровне [Текст] // Труды МАИ – 2019 № 106. – С. 1–8.

7 Сложение гармонических колебаний. Колебания. Физика. Курс лекций [Электронный ресурс]. – <https://siblec.ru/estestvennye-nauki/kolebaniya/2-slozhenie-garmonicheskikh-kolebaniy>

8 **Косяков, И. О., Алданияров, Б. Ж., Полушин, М. Ю.** Проектирование принципиальной схемы модулятора 16-QAM на фазоинвертирующих операционных усилителях в приложении multisim [Текст] // Вестник КазАТК – 2020 – № 1 (112). – С. 311–317.

9 **Кадуков, Е. П.** Модель радиосигналов с модуляцией с непрерывным изменением фазы в пространстве параметров фазовых диаграмм и комплекс информативных признаков для распознавания видов модуляции излучений спутниковых систем связи // Журнал радиоэлектроники – 2019 – № 7. – <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2019.7.12>

10 **Чиров, Д. С., Виноградов, А. Н., Кандаурова, Е. О.** Распознавание видов модуляции радиосигналов в когнитивных системах ионосферной связи [Текст] // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения МИРЭА. – 2018. – № 4. – С. 919–922.

REFERENCES

1 Accenture : mirovoj rynek IB-uslug k 2025 godu dostignet ob"ema v \$94 mlrd [Accenture: the global IT services market will reach \$94 billion by 2025]. – https://safe.cnews.ru/news/line/2022-02-04_accenture_mirovoj_rynek_ib-uslug.

2 Aktual'nye kiberugrozy: itogi 2022 goda [Current cyber threats: results of 2022]. – <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/cybersecurity-threatscape-2022/>.

3 **Kadukov, E. P.** Metodika raspoznavaniya vida modulyacii radiosignalov s nepreryvnyim izmeneniem fazy v sistemah radiomonitoringa [Method of recognition of the type of modulation of radio signals with continuous phase change in radio monitoring systems] // Voprosy oboronnoj tekhniki. Seriya 16: Tekhnicheskie sredstva protivodejstviya terrorizmu. FGUP – 2021 – № 11–12. – 37–45 p.

4 **Zang, G. Li, Y.** One Self-securing Information Transmission Scheme Based on QAM Constellation Hopping // IEEE 6th Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC) – 2023. – P. 603–607.

5 Osnovy metodov analiza signalov Rohde & Schwarz [Fundamentals of Rohde & Schwarz signal analysis methods]. – https://www.rohde-schwarz.com/cac/knowledge-center/technology-fundamentals/signal-analysis-methods/osnovy-tehnologii-analiza-signalov_255899.html

6 **Karpuhin, E. O, Makarenkov, N. S.** Primenenie signalov OCDM-OFDM s psevdosluchajnoj perestrojkoj rabochej chastoty dlya predotvrashcheniya atak na fizicheskom urovne [Application of OCDM-OFDM

signals with pseudorandom tuning of the operating frequency to prevent attacks at the physical level] // Trudy MAI. – 2019. – № 106. – 1–8 p.

7 Slozhenie garmonicheskikh kolebanij. Kolebaniya. Fizika. Kurs lekcij [Addition of harmonic oscillations. Fluctuations. Physics. Course of lectures]. – [Electronic resource]. – <https://siblec.ru/estestvennye-nauki/kolebaniya/2-slozhenie-garmonicheskikh-kolebanij>

8 Kosjakov, I. O., Aldanijarov, B. Zh., Polushin, M. Ju. Proektirovanie principial'noj shemy moduljatora 16-QAM na fazoinvertirujushhih operacionnyh usiliteljah v prilozhenii multisim [Design of the schematic diagram of the 16-QAM modulator on phase-inverting operational amplifiers in the multisim application] // Vestnik KazATK – 2020 – № 1 (112). P–311-317

9 Kadukov, E. P. Model' radiosignalov s modulyaciej s nepreryvnym izmeneniem fazy v prostranstve parametrov fazovyh diagramm i kompleks informativnyh priznakov dlya raspoznavaniya vidov modulyacii izluchenij sputnikovyh sistem svyazi [A model of radio signals with modulation with continuous phase change in the space of parameters of phase diagrams and a set of informative features for recognizing the types of modulation of radiation from satellite communication systems] // ZHurnal radioelektroniki. – 2019. – № 7. – <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2019.7.12>

10 Chirov, D. S., Vinogradov, A. N., Kandaurova, E. O. Raspoznavanie vidov modulyacii radiosignalov v kognitivnyh sistemah ionosfernoj svyazi [Recognition of radio signal modulation types in cognitive ionospheric communication systems] // Fundamental'nye problemy radioelektronnogo priborostroeniya MIREA. – 2018. – № 4. – 919–922 p.

Поступило в редакцию 05.02.24.

Поступило с исправлениями 07.02.24.

Принято в печать 01.03.24.

*И. О. Косяков¹, Г. В. Луценко²

¹Халықаралық көліктік-гуманитарлық университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.;

²ҰҚК Академиясы, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

05.02.24 ж. баспаға түсті.

07.02.24 ж. түзетулерімен түсті.

01.03.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

СИГНАЛДЫ МАНИПУЛЯЦИЯЛАУ НЕГІЗІНДЕ РАДИО ЖЕЛІЛЕРДЕ ДЕРЕКТЕРДІ ҚОРҒАУДЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ

Мақалада сигналды манипуляциялау негізінде радио желілерінде деректерді қорғаудың автоматтандырылған жүйесін әзірлеу қарастырылады. Әдістердің мәні сигналдың техникалық талдауын болдырмауға мүмкіндік беретін модуляция түрін жалған кездейсоқ қайта құруды қолдану болып табылады және осылайша оның шифрын ашу ықтималдығын азайтады. Радио желілердегі деректерді қосымша қорғау қажеттілігі жеке деректерді де, эфирде жүретін қызметтік ақпаратты да ұстап алу және декодтау үшін қолданылуы мүмкін сигналдарды техникалық талдауға арналған кешендердің үлкен таралуына байланысты туындайды. Радио желілерде деректерді қорғау схемасын құру үшін мақалада математикалық функциялар келтірілген, олар талаптарға сай болуы керек. Осы талаптарға сүйене отырып, модельдеу бағдарламасында модуляцияның бірнеше түрі арасында ауысу мүмкіндіктерін біріктіретін схема жасалды. Сондай-ақ, схемада ARQ алгоритмі негізінде қолайлы беру шарттары болмаған жағдайда модуляция индекстерін автоматтандырылған төмендету қарастырылған. Модуляциялар ретінде QPSK, 8-QAM және 16-QAM таңдалды, олардың сигналдық шоқжұлдыздарының бір-біріне қабаттасуына байланысты. Мұндай сигналдарды техникалық талдаудың қиындығы-сигналды топтық бағалау мүмкіндігінсіз оларды дәйекті талдау қажеттілігі. Әзірленген схеманы бағалау үшін мақалада қолданылатын модуляцияның әр түрі үшін сигнал шоқжұлдызының нүктелерін өлшеу нәтижелері келтірілген. Соңында алынған сигналдың спектрі суреттеледі. Мақала ақпаратты қорғау және автоматтандыру саласындағы мамандарға пайдалы болады. Таратушы құрылғы трактісінде алынған схеманы іске асыру деректердің құпиялылығының неғұрлым жоғары деңгейін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

ARQ алгоритмін қолдану жүйеге ағымдағы тасымалдау шарттарына бейімделуге мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: автоматтандырылған жүйе, ақпараттық қауіпсіздік, радио желілері, радиотехника, сандық модуляция, радиожиілікті жалған кездейсоқ қайта құру.

I. O. Kossyakov¹, G. V. Lucenko²

¹International university of transport and humanities,
Republic of Kazakhstan, Almaty.

²Academy, Republic of Kazakhstan, Almaty.

Received 05.02.24.

Received in revised form 07.02.24.

Accepted for publication 01.03.24.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED DATA PROTECTION SYSTEM IN RADIO NETWORKS BASED ON SIGNAL MANIPULATION

The article discusses the development of an automated data protection system in radio networks based on signal manipulation. The essence of the methods is the use of pseudo-random adjustment of the modulation type, which will prevent technical analysis of the signal, and thereby reduce the likelihood of its decryption. The need for additional data protection in radio networks arises due to the large spread of complexes for technical analysis of signals that can be used to intercept and decrypt both personal data and official information plying the air. To create a data protection scheme in radio networks, the article provides mathematical functions, the requirements of which it must meet. Based on these requirements, a schematic diagram was developed in the simulator program that combines the possibilities of switching between several types of modulation. The scheme also provides for automated reduction of modulation indices in the absence of acceptable transmission conditions based on the ARQ algorithm. QPSK, 8-QAM and 16-QAM were chosen as modulations, due to the superposition of their signal constellations on each other. The difficulty of technical analysis of such

signals lies in the need for their sequential analysis without the possibility of a group evaluation of the signal. To evaluate the developed scheme, the article presents the results of measurements of the signal constellation points for each type of modulation used. Finally, the spectrum of the received signal is illustrated. The article will be useful for specialists in the field of information security and automation. The implementation of the resulting scheme in the path of the transmitting device will ensure a higher level of data confidentiality. The use of the ARQ algorithm will allow the system to adjust to the current transmission conditions.

Keywords: automated system, information security, radio networks, radio engineering, digital modulation, frequency hopping.

Теруге 06.03.2024 ж. жіберілді. Басуға 29.03.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс №4204

Сдано в набор 06.03.2024 г. Подписано в печать 29.03.2024 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 4204

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz